

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-358127

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

(51)Int.Cl.

G05D 7/06

F16K 31/02

G01F 1/00

G01F 1/692

H01L 21/205

(21)Application number : 2001-167075

(71)Applicant : ESASHI MASAKI
HIRATA KAORU

(22)Date of filing : 01.06.2001

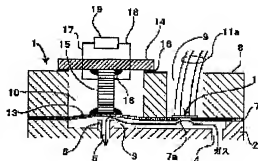
(72)Inventor : ESASHI MASAKI
HIRATA KAORU

(54) CORROSION-RESISTANT INTEGRATED MASS FLOW CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a corrosion-resistant integrated mass flow controller which can control the flow rate of a corrosive gas, is integrated into a small size and has a high speed responsiveness.

SOLUTION: In this controller, a main body composed of a body 2, a plate 7 and a fixing block 8 is formed of corrosion-resistant materials consisting of stainless materials, and the surfaces of a pair of detection resistances of a mass flow rate sensor 11 are protected with an AlN film. A mass flow rate is detected by the pair of detection resistances, and the driving voltage of a valve actuator 12 is controlled based on the detected signal, so that the flow rate of the corrosive gas is controlled.



(2)

特開2002-358127

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐腐食性材料により形成されるとともに、ガスを流入させるガス流入口とガスを流出させるガス流出口と、ガス流入口、ガス流出口の間を連通するガス流路とを備えた本体と、

前記ガス流路の上流側、下流側に縦む配置に設けられた一対の検出抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる一対の検出抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、

前記本体内部のガス流路の開閉を制御するマイクロバルブと、

前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックしてマイクロバルブによるガス流路の開度を制御し、前記ガス流路を流れるガスの流量制御を行う制御系と、

を有することを特徴とする耐腐食性無機化マスフローコントローラ。

【請求項2】 ステンレススチールにより形成されるとともに、ガスを流入させるガス流入口とガスを流出させるガス流出口と、ガス流入口、ガス流出口の間を連通するガス流路を備えた本体と、

前記ガス流路の上流側、下流側に縦む配置に設けられた一対の薄膜抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる一対の薄膜抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、

前記ガス流出口側にバルブシートと対向して設けたダイヤフラム部と、積層型ピエゾセラミックスとを一体化したバルブアクチュエータとを有し、バルブアクチュエータの動作でダイヤフラム部をバルブシートに接近させ前記本体内部のガス流路の開閉を調節するノーマリオープン型のマイクロバルブと、

前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブのバルブアクチュエータに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックして、マイクロバルブによるガス流路の開閉を制御し、前記ガス流路を流れるガスの質量流量を一定に制御する制御系と、

を有することを特徴とする耐腐食性無機化マスフローコントローラ。

【請求項3】 前記ガス流路の上流側、下流側に縦む配置に設けられた一対の薄膜抵抗は、ガス流路側に腐食性ガスに対して耐腐食性を有するアルミニウムナイトライド(AlN)膜を備えていることを特徴とする。請求項2記載の耐腐食性無機化マスフローコントローラ。

【請求項4】 前記積層型ピエゾセラミックスは高温用

2

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高度半導体製造プロセス等に適用して腐食することがない、好適な耐腐食性無機化マスフローコントローラに関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、MOCVD (Molecular Organic CVD) やALE (Atomic Layer Epitaxy) のような高度半導体製造プロセスでは、高速応答でかつ正確な質量流量のコントロールが必要とされる。そのような用途に使用されるマスフローコントローラとして、例えば特開平1-213532号公報に開示されたマイクロバルブ・マスフローコントローラが知られている。

【0003】この従来のマイクロバルブ・マスフローコントローラは、シリコンウェハ上で、フローセンサと流量コントロール用バルブとを集積化することにより、マスフローコントローラ内部の無効体積を減少させ高速応答性を實現できるという効果を奏するものである。

【0004】このようなマイクロバルブ・マスフローコントローラの応答性に關しては、極微量のガスに適用して10乃至20msec程度の高速応答を發揮するものとしている。

【0005】また、ガス流路内部に堆積する反応生成物の堆積を防ぐために、吸着した水分を蒸発させることができる変換可能なシリコンマイクロバルブも提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したシリコンウェハを用いた集積化マスフローコントローラや、空焼き可能なシリコンを用いたシリコンマイクロバルブの場合には、本質的にシリコンに対して腐食性を有するハロゲンガスについての流量コントロールには適用できないという問題がある。

【0007】このため、腐食性ガスに關しても流量コントロールが可能であり、かつ、優れた高速応答性を有する無機化マスフローコントローラの実現が望まれているのが現状である。

【0008】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、小形無機化が可能であり、腐食性ガスの流量コントロールにも適用でき、かつ、優れた高速応答性を發揮する集積化マスフローコントローラを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

(3)

特選2002-358127

を備えた本体と、前記ガス流路の上流側、下流側に臨む配置に設けられた一方の吐出抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる一方の吐出抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、前記本体内のガス流路の断面積を調整するマイクロバルブと、前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブに駆動信号を供給する制御信号系にフィードバックしてマイクロバルブによるガス流路の開度を制御し、前記ガス流路を流れるガスの流量制御を行う制御系と、を有することを特徴とするものである。

【0016】この発明によれば、本体を耐腐食性材料によって形成するとともに、重要装置センサにおける一対の検出電極間の電位差を流れるガスによる冷却作用によって生じる抵抗値の変化を利用して前記ガスの重要装置を検出し、重要装置センサの検出信号を、マイクロプロセッサに検出信号を供給する駆動回路にフィードバックしてマイクロプロセッサによるガス検出の精度を制御するように構成し、かつ、小形に無償しているので、腐食性ガスの流量コントロールにも適用でき、かつ、優れた高速応答性を発現させることができる。

【0011】請求項2記載の発明の無誤化はマスコットローバは、スタンディングセクタルにより形成されるとともに、ガスを入れたセクタルがガスを入れたセクタルを流すガス流出口と、ガス流入口、ガス流出口の間に流れるガス流路とを備えた本体と、前記ガス流路の上を流す下流側に縦向き配置に設けられた一對の導流抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる渦作りに伴って生じる一對の導流抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、前記ガス流路口側にバルブポートを向けて設けたダイヤフラム部と流量型ピエゾセラミックスとを一体化したバルブアクチュエータとを有し、バルブアクチュエータの動作に伴ってダイヤフラム部をバルブポート接近または後退し、前記本体内のガス流路の断面積を調節するノーマリオープン型のマイクロバルブと、前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブのバルブアクチュエータに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックして、マイクロバルブによるガス流路の断面積を制御し、前記ガス流路を流れるガスの質量流量を一定に制御する制御系とを有することを特徴とするものである。

【012】この発明によれば、ステンレススチールにより本体を形成しているので、請求項1記載の発明と同様、耐腐食性に優れ、腐食性ガスの濃度コントロールにも適用できる。また、質量流量センサ及びダイアフラム部と隔壁型ピエゾセラミックスとを一体化したバルブアクチュエータによって、ガスの質量流量の制御を行う際

化マスフローコントローラの小型集積化が可能である。

【0113】請求項3記載の発明は、請求項2記載の乗積化マスフローコントローラにおいて、ガス流路の上流側、下流側に隔てた位置に設けられた一対の薄膜抵抗が、ガス流路側に腐食性ガスに対して耐腐食性を有するアルミニウムナイトライド（AIN）膜を備えていることを特徴とするものである。

【0014】この発明によれば、一対の薄膜抵抗のガス流路側に、アルミニウムナイトライド膜を備えていることから、とくに、質量流量センサの耐食性を高めることができる。

【0015】請求項4記載の発明は、請求項2記載の準
 化マスフローコントローラにおいて、前記流量型ピエ
 ザセラムックスが高温用のものが用いられ、前記流量型
 ピエザセラムックスとダイアフラム部とは無線式耐腐食
 性抗菌剤による殺菌によって一体化されていることを特
 徴とするものである。

【0016】この発明によれば、積層型ピエゾセラミックスを高温度のものとし、積層型ピエゾセラミックスとダイフラム部とを無機系耐腐食性接合剤により一体化している。ステンレススチールからなる本体及びマイクロバルブの耐熱性を向上させ、破く可能な耐腐食性無機化マスフローコントローラを実現できる。

[0017]

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について詳細に説明する。図１は本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラ１の構造を示す概略断面図であり、図２は耐腐食性集積化マスフローコントローラ１のバルブアクチュエータ２のオン動作時を示す部分概略断面図である。

【0018】この耐腐食性無精化マスフローコントローラ1は、ステンレススチール製の略直方体形状のボディ2と、ステンレススチール製のプレート7及びステンレススチール製の略直方体形状の固定用ブロック8とを接合配置して構成している。

【0019】ボディ2の上には、ガス流路を形成する凹部3が設けられ、このボディ2の下から凹部3に連通するガス流入口4、ガス流出口5が設けられ、さらにこのガス流出口5の上部にバルブシート6が形成されている。

【0020】固定用ブロック8には、前記ガス流入口4の近傍位置となる配置でセンサ配置穴9が形成され、また、前記パルプシート部6及びその周辺に臨む位置にアクチュエータ穴10が形成されている。センサ配置穴9内には、前記プレート7の一部に開口した孔部7aに臨ませて、詳細は後述するガスの質量流量を検出する質量

(4)

特開2002-358127

5

6

12及びダイアフラム部13からなり、アクチュエータ穴10内にバルブアクチュエータ12及びダイアフラム部13が配置されている。ダイアフラム部13は、前記アクチュエータ穴10内におけるプレート7のバルブシート部6に臨む部分からなる。

【0022】バルブアクチュエータ12は、固定用ブロック8のアクチュエータ10を覆うようにして配置したバイレックス（登録商標）ガラスからなる蓋体14の下面に、直方体状に形成した積層型ピエゾセラミックス15の上端をエポキシ接着剤16により接着するとともに、この積層型ピエゾセラミックス15の下端をエポキシ接着剤16を用いて前記ダイアフラム部13の上面に接着することにより構成されている。また、蓋体14と固定用ブロック8との接触部もエポキシ接着剤16により接着されている。

【0023】前記エポキシ接着剤16の替わりに、歯科接着用の熱硬化系耐腐食性接着剤であるレジンセメントを使用するとともに、積層型ピエゾセラミックス15を高温度のものとすることにより、耐腐食性集積化マフローコントローラ1をベーク可能なものとすることが

【0024】バルブアクチュエータ12の積層型ピエゾセラミックス15には、一対のリード線17、18を介して制御系19が接続され、制御系19は、質量流量設定値と後述の質量流量センサ11の検出質量流量とから定まる直流電圧を、積層型ピエゾセラミックス15へ印加する。

【0025】このような耐腐食性集積化マフローコントローラ1の構成により、前記ガス流入口4から流入し、質量流量センサ11により質量流量が検出され、制御回路20によって適切な電圧がピエゾセラミックス15に印加され、バルブシート部6とダイアフラム13との間隔が調整されて、ガス流出口5から外部へ流出するガスの質量流量が制御される。

【0026】また、図2に示すように、積層型ピエゾセラミックス15は電圧を印加したとき伸びるように設計されており、積層型ピエゾセラミックス15を最大変位させたときは、ダイアフラム部13をバルブシート部6に押し付けてガスのガス流路を閉じるように構成している。一方、図1に示すように、積層型ピエゾセラミックス15に電圧を印加しないときは、ダイアフラム部13とバルブシート部6との間のガスのガス流路を開ける（ノーマリーオープン）ように構成している。

【0027】次に、図3乃至図6を参照して質量流量センサ11について説明する。図3は質量流量センサ11のマイクロマシニング技術による製造工程を示す工程図

【0028】以下、質量流量センサ11の製造工程を図4を参照して説明する。まず、縦横長20mm、厚さ150μmのステンレススチールのプレート7を用意し（図4（1））、このプレート7上に1μmのA1N（アルミニウムナイトライド）膜31を400℃、N₂雰囲気下で反応性パッタリングにより成膜する（図4（2））。

【0029】次にフォトリソグラフィによりフォトレジストをパターンニング後、Cr/Pt/Cr（30nm/50nm/30nm）をEB（電子ビーム）蒸着により成膜し、リフトオフ・プロセスにより一対のプラチナ製の薄膜抵抗33a、33b、コンタクト部33c、33dを有する抵抗パターン32を形成する（図4（3））。

A1N膜31をええるため、抵抗パターン32の上からTEOS（Tetra-Ethoxy-Silane）を用いたプラズマCVDにより9μmのSiO₂膜33を成膜し（図4（4））、フォトリソグラフィを行った後にパッファード・フッ酸によりSiO₂膜34をエッチングして取り出し、薄膜形成のためのパターンニングをする（図4（5））。プラズマCVDによる成膜方法は、成膜されたSiO₂膜34の残留応力が小さいため選択した。

【0030】最後に、裏面側にフォトリソグラフィを行った後に、ステンレススチールからなるプレート7をエッチングして（図4（6））孔部7aを形成し、SiO₂膜/Cr/Pt/Cr/A1N膜からなる薄膜抵抗33a、33bを孔部7aに隣接させてガス流路を形成する。

【0031】このようにして製造された質量流量センサ11の長さ及び幅の寸法例を図4に示し、その断面構造を図5に示す。また、質量流量センサ11における薄膜抵抗33a、33bの拡大形状を図6に示す。

【0032】図4、図5に示す質量流量センサ11は、マイクロマシニング技術により耐腐食性材料を用いて製作される。マイクロマシニング技術により小型化された質量流量センサ11は、質量流量センサ自身の熱容量が非常に小さくなるため高感度且つ高応答が可能となる。

【0033】センサであるプラチナ製の薄膜抵抗33a、33bは、温度によって抵抗が変化する、抵抗値から温度がわかる。薄膜抵抗33a、33bに適當な電流を流すことにより一定温度に加熱して使用する。また、薄膜抵抗33a、33bの周辺にガスを流すと、薄膜抵抗33a、33bがともに冷却される。薄膜抵抗からガスへの熱量の移動量（H）は、キング（King）の式により下記表1のように表される。

【0034】

11

度であり、 A 及び B は正数である。すなわち、 G はガス流の上流側の薄板抵抗 $3\beta a$ から熱を得て温度が上昇するから、薄板抵抗 $3\beta a$ がガスの移動方向に上流と下流の薄板抵抗 $3\beta a$ 、 $3\beta b$ とは異なる、薄板抵抗 $3\beta a$ 、 $3\beta b$ の温度、すなわち抵抗値が異なってくる。ガス流の下流側の薄板抵抗 $3\beta a$ と上流側の薄板抵抗 $3\beta a$ との温度差、すなわち抵抗値の差は、質量流量に依らず、例えぬボイストランブリッジ回路を用いてそれのセンサの抵抗値の変化を測定することにより前記温度差を検出可能であり、この温度差から質量流量の検出が可能である。

【0036】また、前記障壁抵抗33a、33bは、1 μm のA1N膜31及び9 μm のSiO₂膜33でサンドイッチ状に挟まれ、ダイアフラムを形成しており、A1N膜31はフッ素や塩素等の腐食性のあるハロゲンガスに対し耐腐食性を有するため、孔部3a（ガス流路）側からA1N膜31面を保護している。

【1037】次に、上記の定常値を定常値センサを用いた制御系について説明する。図7は、閉回路系性準化リアフローコントロールの制御系を示す回路図例を示す図である。この制御系は、抵抗 R_1 、 R_2 、定常値センサ1の定常値 $1/3$ 、 $3/3$ とこれをポット・ストンプリッパ回路を構成し、このポット・ストンプリッパ回路に定常値 $1/3$ から定常値 3 を供給し、ポット・ストンプリッパ回路の出力を、比較器4に、増幅器4を介して供給し、センサ出力、定常値 $3/3$ と4と比較し、この増大した出力を信号増幅器4を介して増幅し、ハルブリックチューブ12に供給する。閉ループ制御回路である。

【0303】また、耐腐食性集電体マスフローコントロールの温度が著しく変動する環境で使用する場合には、制御部にて定温度定差制御系を実用することができ、図7に示した制御系においては、薄膜抵抗に定電圧を供給して、すなわち定電圧制御している。もしもさらに、定電圧制御を用いたと、薄膜抵抗で温度変動が著しく上昇すると薄膜抵抗値が著しく上昇し、消費電力が減少するため、制御部の感度が悪くなること、定温度定差制御系との、この機構を考慮する化に、定温度定差制御系を用いることができる。図8は、耐腐食性集電体マスフローコントロールの定温度定差制御系の回路構成例を示す図である。この制御系は、ブリンク制御にフィードバックをかけることにより、局温変動に影響を受けずに常にセンサの温度を一定範囲に保つことができ、制御系の感度が悪くならないことが、

【0039】またさらに、高精度に質量流量制御するためには、測温測定用薄膜抵抗を有した質量流量センサを

抵抗値を有する質量流量センサの構成を示す図である。
この質量流量センサは、図4の質量流量センサに較べ
測温測定用の薄抵抗33c、及び33dを有している。
この構成によれば、測温測定用の薄抵抗33c、
及び33dは流量検出用の薄抵抗33a、33bと同一
の部材で形成する事で、抵抗温度係数が等しい。測温
測定用の薄抵抗33c、及び33dの抵抗値変化から
流量を検出し、制御系にフィードバックすることによ
って、測温に影響されずに高精度に質量流量を制御する
ことができる。

【0044】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラによれば、ステンレス材から構成されているので、 Si 半導体プロセスで使用されるハングスシムによって腐食されることが使用することになる。また、質量流量センサのガスに接触する面は、 AlN で保護されているので、 Si 半導体プロセスで使用されるハングスシムによって腐食されることが使用することになる。また、マイクロバルブ、バルブアクチュエータ、質量流量センサが微小体積中に一体に集積されているから無効体積が少なく、高速動作が可能である。また、制御回路に定電流制御回路を用いれば、温度変化による温度補正の感度が低下することはない。また、測温用定電流薄線抵抗を有する質量流量センサを用いれば、温度変化による影響を受けることなく高精度の質量流量制御が可能である。また、ステンレス材を用いているので塩酸が耐えられ、ステンレスとスチール配管との結合が容易となる。

【0041】以下に、本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの特性評価結果を示す。

(1) 耐腐蝕性

39 図10の(a)及び(b)は、C1.ガスを耐腐食性薬液化質量フローコントローラ1に接続し、C1.ガスを流し置き重量センサ11を6時間動作させた後の質量流量センサ11の写真である。C1.ガスを流した後にも、質量流量センサ11の表面には特に変化が認められなかったことから、本発明の耐腐食性薬液化質フローコントローラの耐腐食性を確認することができた。なお、ステンレス部材には当然ながら、何ら変化は見られなかった。

【0042】(2) 質量流量制御特性

40 C1、ガス(40kPa)を用いて評価された耐腐食性集積化マッフルコンローラの腐食特性を図11に示す。図11において、(V)は電圧、(V_{corr})はフローレイト(SCCM)を示す。C1、ガスの流量は耐腐食性集積化マッフルコンローラのガス入力側に取り付けられた市販の質量流量計により測定した。また、バルブアクチュエータ12は100Vの電圧で、ま

ステンレスチールのプレート7の表面が非研磨状態(R_amax=1μm)程度であれば、バルブシート部6から着子のリークが生じる恐れがあるため、プレート7の表面研磨状態に留意することが必要である。

【0044】図12はC1、ガスの流量に対する質量流量センサ11の出力電圧の関係を示す図である。横軸はフローレート（SCCM）を、縦軸は出力電圧（mV）を示している。図から明らかなように、出力電圧値は、質量流量の平方根にほぼ比例している。

【10445】図13は、C₁ガス入力圧力に対する質量流量係数 μ (ルバクチュエータ12に印加される圧力)と関係を示す特性図である。横軸はガス入力側の圧力 (kPa) を、左側の縦軸はローレット(SCCM)を、右側の縦軸はルバクチュエータ12に印加される電圧 (V) を示す。質量流量設定値を一定値に保持したとき、ガス入力圧力の増加に従ってルバクチュエータ12の電圧値 (V) (点線)が上昇し、ダイヤフラム部13のギャップが狭くなり、質量流量を一定に保持していることがわかる。ガス入力圧力を40kPaから100kPaに変化させたとき、質量流量の変化(実線)は2.5SCCM以内であった。なお、制御系19には図9に示す制御系を用いている。

【0046】図14は、 Cl_2 ガスを用いた場合の耐腐食性無酸化マスフローコントローラのステップ応答特性の測定結果を示す特性図である。図は、流量設定信号（中段）をステップ状に変化させたときの質量流量センサ11の出力（上段）及びマスフローアクチュエータ12の印加電圧（下段）の関係を示すものである。

【0047】図14から明かなように、耐腐蝕性黒酸化マスフローコントローラのガス流量応答は、10 msec以内であることが確認された。高温応答を達成できた理由としては、バルブアクチュエータ12及び質量流量センサ11の高温に安定に加え、ガス流路の無効体積を減少させたことが挙げられる。

【0048】図15は、上述規定に準拠した本発明の耐腐食性無酸化マスプロコーティングの典型的構成を示す斜視図である。図16は斜視分解図である。この耐腐食性無酸化マスプロコーティングコーラは、ステンレススチール製のボディ52と、ステンレススチール製のブレーキ53及び固定用ブロック54で構成され、外寸寸法は20mm×20mm×20mmである。ボディ52は公知の機械加工により製作され、ガス通路、バルブポート1及びガスポート2を嵌め込み溝を形成している。前記ガス通路においては、ガスポート2は車用の溝の底にハネチャックルする。ガスポート2用のガスポートカバーは、耐腐食性を有し且つバネバック

入口流通穴52a、ガス流路、バルブシート61。出口流通穴52bを経て、ガスアウトレット72から図示しない配管系に流出するようになっている。

【0050】マイクロバルブを構成するダイヤフラム部54及び質量流量を測定する流速計56の実施の形態の場合と同様な構成からなる質量流量センサ57は、プレート53に取り付けられる。また、固定用ブロック54上に配置した板状のバイレックスガラスからなる蓋体54により支持され、固定用ブロック54内に配置する流速調整用のバルブアクチュエータ57としては、既述した実施の形態と同様、高速且つ大きな駆動力を持つ積層型ピエゾセラミックスを使用した。

【0051】バルブアクチュエータ57として用いる循環型ビエゾセラミックスとダイヤモンド膜55とをエポキシ樹脂樹により接合した後、100Vの高電圧を印加し、循環型ビエゾセラミックスを伸張させたままエポキシ樹脂を硬化させる。エポキシ樹脂が完全に硬化した後に高電圧を切ると、循環型ビエゾセラミックスが元の長さに戻り、この結果、ダイヤモンド膜55とバルブシート61との間にはわずかなギャップが形成され、ノーマリーオープンタイプの構造となることができる。

【0052】ボディ52、プレート53、固定用ブロック4の固定構造は、ボディ52の四隅にねじ孔81を螺設し、プレート53の四隅にねじ孔81に対応する配置で抜穴82を穿設し、固定用ブロック4の四隅にも前記ねじ孔81に対応する配置でボルト孔83を穿設し、固定用ブロック4及びプレート53を、4本のボルト59を用いてボディ52にねじ止め固定するものである。

【0053】この集積化マスフローコントローラ50において、バルブアクチュエータ57に適当な電圧を加えると、このバルブアクチュエータ57が伸長し、図16に示すようにダイフラム部55がバルブシート61と接触して、ガス流路を流れるガスの流れが止まる。また、バルブアクチュエータ7に對する電圧の供給を停止すれば、バルブアクチュエータ7が元の長さに戻り、再びガス流路のガスの流れが始まる。

【0054】このように構成した集積化マスフローコントロール装置によれば、既述した集積化マスフローコントロール装置の場合と同様、質量流量の制御を確実に行うことができ、犠牲性ガスに対する耐食性に優れ、小サイズ化及び集積化により高速応答性を発揮させることができる。また、高速応答に犠牲性ガスの質量流量をコントロールすることが必要な高度半導体製造プロセスに適用することも可能である。

【0055】

(7)

特許 2002-353812

12

ることができ、また、質量流量センサの耐食性の向上を図り、また、マイクロバルブの耐熱性の向上を図り、耐食性ガスを含む広範な種類のガスにも適用可能な集積化マスフローコントローラを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの構造を示す概略断面図である。

【図2】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラのバルブアクチュエータのオン動作時を示す部分概略断面図である。

【図3】本発明の質量流量センサのマイクロマシニング技術による製造工程を示す工程説明図である。

【図4】本発明の質量流量センサの平面図である。

【図5】本発明の質量流量センサの断面図である。

【図6】本発明の質量流量センサの部分拡大図である。

【図7】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの制御系を示す回路構成例を示す図である。

【図8】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの定温度差制御系の回路構成例を示す図である。

【図9】本発明の測温測定用薄膜抵抗を有する質量流量センサの構成を示す図である。

【図10】C1：ガスを耐腐食性集積化マスフローコントローラに流す前と、C1：ガスを流した後の質量流量センサ表面の写真である。

【図11】C1：ガスを流した場合の耐腐食性集積化マスフローコントローラのバルブアクチュエータに印加される電圧-流量特性を示す図である。

【図12】C1：ガスの流量に対する質量流量センサの出力電圧の関係を示す図である。

【図13】C1：ガスの入力圧力に対する質量流量、及びバルブアクチュエータに印加される電圧との関係を示す特性図である。

【図14】C1：ガスを流した場合の耐腐食性集積化マスフローコントローラのステップ応答特性の測定結果を示す図である。

【図15】実施例に用いた本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの具体的構成を示す斜視図である。

【図16】実施例に用いた本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの具体的構成を示す分解斜視図である。

【符号の説明】

1 耐腐食性集積化マスフローコントローラ

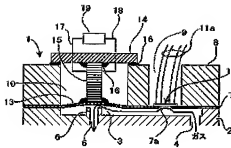
- 2 ボディ
- 3 凹部
- 4 ガス流入口
- 5 ガス流出口
- 6 バルブシート部
- 7 プレート
- 7 a 孔部
- 8 固定用ブロック
- 11 質量流量センサ
- 11 a リード線
- 12 バルブアクチュエータ
- 13 ダイアフラム部
- 31 A1N膜
- 32 抵抗パターン
- 33 a 薄膜抵抗
- 33 b 薄膜抵抗
- 33 c コンタクト部
- 33 d コンタクト部
- 34 SiO₂膜
- 41 比較器
- 42 増幅器
- 44 信号増幅器
- 45 定電圧源
- 46 流量設定信号
- 50 耐腐食性集積化マスフローコントローラ
- 52 ボディ
- 52 a 入口流道穴
- 52 b 出口流道穴
- 53 プレート
- 54 固定用ブロック
- 55 ダイアフラム部
- 56 質量流量センサ
- 57 バルブアクチュエータ
- 59 ボルト
- 61 バルブシート
- 62 ガスケット
- 71 ガスインレット
- 72 ガスアウトレット
- 81 ねじ孔
- 82 抜穴
- 83 ボルト孔
- 84 蓋体

vi

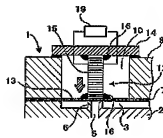
(8)

特開2002-358127

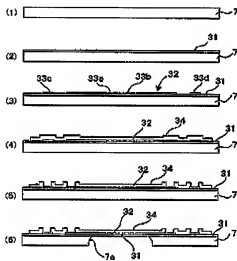
【図1】



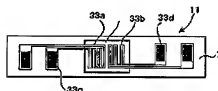
【図2】



【図3】



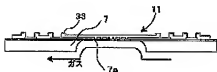
【図4】



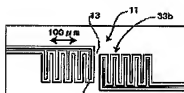
【図10】



【図5】



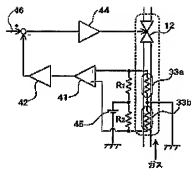
【図6】



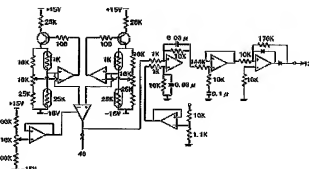
(9)

特開2002-358127

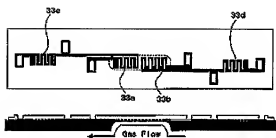
【图 2】



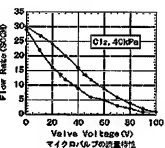
【圖 8】



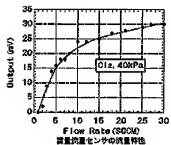
【圖9】



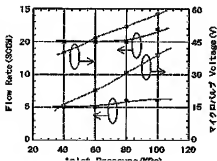
【圖 11】



【图 12】



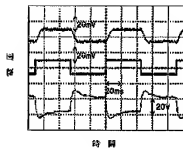
【图 13】



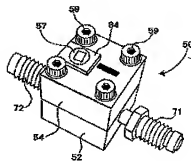
(10)

特開2002-358127

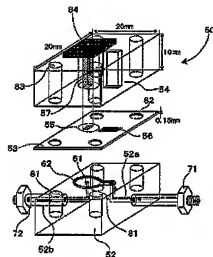
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 薫
宮城県仙台市太白区桜木町25-20 グリー
ンハイフ101

Fターム(参考) 2F030 CA10 CC13 CF05 CF08 CH05
2F035 EA08
3H062 AA02 AA12 BB30 CC05 HH10
5F045 AA04 AA15 AC02 EE04 EE17
5H307 AA20 BB01 CC20 EE02 EE07
EE19 FF06 GG15 HH04